

**PROPUESTA DE UN PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE
VERTIMIENTOS PARA UN CENTRO TURISTICO CHOACHÍ,
CUNDINAMARCA**

JEANIE VALERIA CORDOBA SANABRIA

DARWIN MICHAEL NUMPAQUE PÉREZ

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS
BOGOTÁ D.C
FEBRERO 2016**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE
VERTIMIENTOS PARA UN CENTRO TURISTICO CHOACHÍ,
CUNDINAMARCA**

JEANIE VALERIA CORDOBA SANABRIA. CÓDIGO 20122081003

DARWIN MICHAEL NUMPAQUE PÉREZ. CÓDIGO 20121081071

**Trabajo de grado para optar al título de
Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos**

DIRECTOR

GUSTAVO CHACÓN

**MODALIDAD
MONOGRAFÍA**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS
BOGOTÁ D.C
FEBRERO 2016**

NOTA DEL TRABAJO (En virtud del Acuerdo 031 del 2014 HCA-UD)

NOTA FINAL

FIRMA DEL DIRECTOR

FIRMA DEL EVALUADOR

BOGOTA D.C, FEBRERO DE 2016

DEDICATORIA

A nuestros padres por su apoyo y amor con el que nos han guiado en cada momento de nuestras vidas.

A nuestros hermanos por ser los cómplices en cada paso de nuestro camino.

A nuestros amigos por acompañar sinceramente nuestras caídas y triunfos, brindándonos su apoyo y consejo.

A nuestro país y nuestros recursos naturales.

A nuestros docentes y a la Universidad Distrital por brindarnos el conocimiento y las herramientas fundamentales para nuestra formación como profesionales.

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por su comprensión y ánimo dado a lo largo de todo este camino. Por todos sus consejos que nos han guiado y han hecho de nosotros personas perseverantes y llenas de valores.

A todas las personas que contribuyeron en la realización del presente proyecto y que con su colaboración y entrega representaron un gran apoyo. Particularmente a:

Vanessa Rodríguez, compañera.

Ronald Gutiérrez, jefe de servicios generales del centro turístico aguas Termales de Santa Mónica.

A la Universidad Distrital y a la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, por brindarnos las herramientas y conocimientos necesarios para formarnos como profesionales.

A nuestros docentes quienes guiaron e instruyeron nuestro proceso de formación con paciencia, dedicación y sabiduría. En especial a:

Docente Gustavo Chacón

Nuestros más sinceros agradecimientos.

ÍNDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	16
1.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. ANTECEDENTES E IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	17
3. MARCO DE REFERENCIA	18
3.1. MARCO TEÓRICO.....	18
3.1.1. <i>Aguas residuales, características y composición.</i>	18
3.1.2. <i>Muestreo y análisis de las aguas residuales.</i>	19
3.1.2.1. Medición de los caudales.	19
3.1.2.2. Tipos de muestreo.	19
3.1.2.2.1. Muestreo simple	19
3.1.2.2.2. Muestreo compuesto	19
3.1.2.2.3. Muestreo integrado.....	19
3.1.3. <i>Principales parámetros para medir características de aguas residuales.</i>	23
3.1.4. <i>Plan de saneamiento y manejo de vertimientos.</i>	25
3.1.5. <i>Sistemas de tratamiento de las aguas residuales</i>	26
3.1.5.1. Tratamiento preliminar.	26
3.1.5.1.1. Rejillas	27
3.1.5.1.2. Trampas de grasas	27
3.1.5.1.3. Desarenadores	28
3.1.5.2. Tratamiento primario.	29
3.1.5.2.1. Tanque séptico.	29
(Concreto, fibra de vidrio, ladrillo y otros materiales).	30
3.1.5.2.2. Sedimentador primario:.....	30
3.1.5.2.3. Coagulación química	30
3.1.5.2. Tratamiento secundario.....	31
3.1.5.2.1. Reactor anaeróbico de flujo ascendente con mantos de lodos (UASB O RAFA)	31
3.1.5.2.2. Reactor anaerobio de flujo a pistón (RAP).....	32
3.1.5.2.3. Lagunas de estabilización.....	32
3.1.5.2.4. Filtro percolador.....	33
3.1.5.2.5. Humedales artificiales	33
3.1.6.1. Caudal (Q).....	33
3.1.6.2. Carga contaminante (C.C).....	34
3.3. MARCO NORMATIVO	35
3.3.1. <i>A nivel nacional:</i>	35
3.3.2. <i>A nivel local:</i>	36
3.3. MARCO CONCEPTUAL.	38
4. METODOLOGÍA.....	40
4.1. ENFOQUE METODOLÓGICO.....	40
4.2. ETAPAS.....	40
4.2.1. <i>Planteamiento del problema y revisión bibliográfica.</i>	40
4.2.2. <i>Realización del diagnóstico del sistema actual de alcantarillado y cuerpo de agua receptor.</i> 40	40
4.2.3. <i>Identificación de la composición de las aguas residuales.</i>	40
4.2.4. <i>Propuesta del sistema de tratamiento de agua residual.</i>	41
4.2.5. <i>Elaboración de programas, actividades y recomendaciones</i>	41
4.3. MÉTODOS.	41
4.3.2. <i>Método Volumétrico para la realización del análisis de laboratorio de muestras de agua residual.</i>	41

4.3.3. Método geométrico o exponencial (proyección poblacional).....	41
5. RESULTADOS.....	43
5.1. GENERALIDADES DEL CENTRO TURÍSTICO.....	43
5.1.1. Ubicación.....	43
5.1.2. Características ambientales.....	43
5.1.2.1. Hidrología.....	44
5.1.2.3. Geología.....	45
5.1.2.4. Suelo.....	45
5.1.3. Características físicas.....	45
5.1.3.1. Instalaciones.....	45
5.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO TURÍSTICO.....	46
5.2.1. Descripción del sistema actual de alcantarillado.....	46
5.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS.....	47
5.3.1. Identificación de los vertimientos.....	47
5.3.1. Muestreo y parámetros analizados.....	48
5.3.1.1. Reporte de caudal.....	48
5.4. PRODUCCIÓN DE AGUA RESIDUAL.....	50
5.4.1. Producción actual de agua residual.....	50
5.4.1. Producción de agua residual proyectada a 10 años.....	51
5.4. PROYECCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE.....	51
5.5. PROPUESTA DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL.....	52
5.5.1. Matriz computadora de papel.....	52
5.5.2. Análisis de promedio ponderado.....	53
5.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	56
5.6.1. Ubicación.....	56
5.6.2. Aspectos de diseño.....	56
5.6.3. Aspectos constructivos.....	56
5.6.3.1. Volumen.....	59
5.6.3.2. Largo del primer compartimiento (L1).....	59
5.6.3.3. Largo del segundo compartimiento (L2).....	59
5.6.3.4. Ancho del tanque (A).....	59
5.6.3.5. Tiempo de Retención Hidráulica (TRH).....	59
5.7. PROGRAMAS Y ACCIONES ESTRATÉGICAS.....	60
5.7.1. Programa de ahorro y uso eficiente del agua.....	60
5.7.2. Programa construcción del sistema de tratamiento del agua residual.....	62
5.7.3. Programa monitoreo continuo del sistema de tratamiento y redes de alcantarillado.....	63
5.8. INDICADORES DE SEGUIMIENTO.....	64
5.8.1. Reducción de la Carga Contaminante de origen doméstico al cuerpo de agua receptor.....	64
5.8.2. Eficiencia del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales:.....	65
5.8.3. Capacidad del sistema de Tratamiento de aguas Residuales:.....	65
5.8.4. Carga Contaminante:.....	65
5.9. FUENTES DE FINANCIACIÓN.....	66
6. ANALISIS DE RESULTADOS.....	67
6.1. RESULTADOS DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	67
6.1.1. Matriz de computadora de papel.....	67
6.1.2. Análisis de promedio ponderado.....	67
7. CONCLUSIONES.....	69
8. RECOMENDACIONES.....	70
9. GLOSARIO.....	71
10. BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ilustración de un tanque séptico estándar. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2016	30
Imagen 2. Trampa de grasas en la salida de los restaurantes del centro turístico. Numpaque, 2015.	46
Imagen 3. Trazado de las redes actuales de alcantarillado al interior del centro turístico. Numpaque, 2016. .	47
Imagen 4. Punto de vertimiento de aguas residuales sobre la fuente hídrica receptora. Numpaque, 2015.	47
Imagen 5. Realización del muestreo puntual. Córdoba, 2015	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos para el manejo y preservación de muestras.	20
Tabla 2. Valores límites permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales doméstica.	24
Tabla 3. Dimensiones para el diseño de desarenador	28
Tabla 4. Dotación neta mínima según nivel de complejidad.....	34
Tabla 5. Marco normativo a nivel nacional. Recopilación por Córdoba y Numpaque, 2016.	35
Tabla 6. Marco normativo a nivel local. Recopilación por Córdoba y Numpaque, 2016.	36
Tabla 7. Rango de calificación de efectos	42
Tabla 8. Características químicas de las aguas termales en Santa Mónica.....	44
Tabla 9. Caudal promedio de vertimiento	48
Tabla 10. Parámetros de calidad del agua residual según análisis de laboratorio	49
Tabla 11. Matriz de calificación de efectos.....	54
Tabla 12. Evaluación de aspectos para la determinación de tecnología de tratamiento del agua residual.	55

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación del centro turístico en estudio. Imagen satelital de Google Maps, Editada por Numpaque y Córdoba, 2016.....	43
Mapa 2. Ubicación del Sistema de Tratamiento de agua Residual. Imagen Satelital de Google Maps. Editado por Numpaque, 2016.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismos de tratamiento para las aguas residuales tratamiento preliminar	27
Figura 2. Tipos de tratamiento secundario. Córdoba y Numpaque, 2016	31
Figura 3. Matriz de análisis de efectos	42
Figura 4. Clasificación química de las aguas termales en Santa Mónica. Rodríguez y García, 2015	44

ANEXOS

Anexo 1. Formato de la hoja de cadena de custodia 74

RESUMEN

Con el fin de realizar una propuesta del plan de saneamiento y manejo de vertimientos para el centro turístico en el municipio de Choachi, bajo la resolución 1433 de 2004 presentamos las condiciones, problemáticas y soluciones al saneamiento hídrico de este centro turístico para el mes de agosto de 2015, con base en el diagnóstico del alcantarillado, la identificación de los vertimientos, caracterización de las aguas residuales, objetivos de reducción de vertimientos y descripción de alternativas de tratamiento.

El PSMV será un instrumento de planificación que permitirá elevar los índices de calidad del recurso hídrico en el municipio de Choachi en pro de los beneficios ambientales y del saneamiento básico para los habitantes y visitantes del centro turístico.

Palabras clave: Agua residual, tratamiento, vertimiento

ABSTRACT

To make a proposal of the recovery plan and handling of discharges to the resort in the town of Choachi under resolution 1433 of 2004 present conditions, problems and solutions to water sanitation this resort for August 2015, based on the diagnosis of sewage discharges identification, characterization of waste water discharges reduction targets and describe treatment options.

The PSMV be a planning tool that will raise the quality indices of water resources in the municipality of Choachi towards environmental benefits and basic sanitation for the inhabitants and visitors to the resort.

Keywords: Residual water, treatment, dumping.

INTRODUCCIÓN

La Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico establece que Colombia está entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos del mundo, sin embargo se pueden evidenciar poblaciones con necesidades hídricas insatisfechas. Simultáneamente, las actividades de origen antrópico han impactado este recurso disminuyendo su calidad y por tanto su disponibilidad, generando una serie de problemáticas que afectan el medio ambiente y la salud pública.

Por lo anterior, se hace necesario emplear estrategias que contrarresten estas problemáticas, mediante la implementación de sistemas de tratamiento que reduzcan la contaminación debida a los vertimientos en fuentes de agua receptoras.

El municipio de Choachi ha presentado un crecimiento turístico debido a su potencial hídrico, en el que se destaca el centro turístico Aguas Termales Santa Mónica, el cual brinda una serie de servicios que requieren un alto consumo de agua y significa un aumento en la generación de agua residual y vertimientos, por lo cual se realiza el presente plan de saneamiento y manejo de vertimientos con el fin de mitigar la contaminación generada por ese centro turístico, a partir de una adecuada recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales vertidas.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Formular el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos para el centro turístico Aguas Termales de Santa Mónica en el municipio de Choachi, Cundinamarca.

1.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del sistema actual de alcantarillado e identificar la composición de las aguas residuales.
- Establecer la totalidad de vertimientos y el estado del cuerpo de agua receptor.
- Proponer un sistema de tratamiento, programas y actividades que permitan dar cumplimiento a la normatividad de vertimientos

2. ANTECEDENTES E IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

En el caso del municipio de Choachi, el Informe de gestión del municipio 2012 establece como metas la formulación del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, una planta de tratamiento agua potable y una planta de tratamiento de agua residual (ver anexo 1). Sin embargo, en la actualidad el sistema de alcantarillado se caracteriza por ser de tipo combinado, es decir que transporta tanto aguas residuales como aguas lluvias que se conducen a las quebradas: Del pueblo, El Uval y Cucuaté en 4 puntos diferentes que son: la Baticola, el matadero, el Pino y Maravillas y Cucuaté. Este sistema no posee mecanismos de tratamiento de las aguas residuales, por lo que la disposición final de las aguas residuales se realiza en las quebradas mencionadas. (Rodríguez, 2010). Este es un claro ejemplo de las problemáticas en términos de alcantarillado que atraviesa el municipio de Choachi y nuestro lugar objeto de investigación.

Lo anterior, nos permite enfocarnos a la situación del centro turístico Aguas termales de Santa Mónica que presta servicios de alojamiento, restaurantes, piscinas, senderos ecológicos y campos deportivos, este centro turístico genera aguas residuales de las diferentes actividades mencionadas y las vierte a la quebrada las Termas, por esto, se establece como estrategia la formulación de un plan de saneamiento y manejo de vertimientos entendido como el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial (Ministerio de Medio Ambiente , 2004).

En la actualidad el recurso hídrico ha sufrido un gran deterioro a causa del uso irracional del agua y vertimiento de las aguas residuales domésticas, de uso recreativo e industriales, que no reciben manejo adecuado contaminando así fuentes de agua receptoras y representando riesgos a la salud humana y el medio ambiente.

El centro turístico en el municipio de Choachi ,es un establecimiento comercial que genera agua residual domestica proveniente de sanitarios, actividades de aseo y restaurantes, que actualmente no reciben un tratamiento previo a su descarga final en la quebrada Las Termas, causando deterioro en la calidad hídrica de la misma, alteración en la disponibilidad y la capacidad de resiliencia del recurso y problemas salubres a la población local, por lo cual es necesario prever un correcto manejo que abarque la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Marco teórico

3.1.1. Aguas residuales, características y composición. Las aguas residuales son aguas cuyas características han sido modificadas por su utilización en actividades humanas y que por su calidad requieren de un tratamiento previo antes de ser vertidas a un cuerpo de agua o a un sistema de alcantarillado. Estas se clasifican en aguas residuales domésticas producto de actividades de consumo humano, cocina, uso de baterías sanitarias, lavado de ropa, entre otras y en aguas residuales industriales producto de procesos productivos provenientes de sectores como la minería y la agricultura.

Conocer la naturaleza del agua residual es primordial para los métodos de tratamiento a los cuales serán sometidos antes de su vertido al medio natural. Estas se caracterizan por poseer gran variabilidad de caudales y también de composición, estas pueden contener en concentraciones diferentes: materias en suspensión, materias coloidales (arcillas, microorganismos, aceites orgánicos, grasas), microorganismos vegetales (algas, plancton) o animales (protozoos, bacterias y virus) (Jean Rodier, 2009).

Por otra parte, es primordial tener en cuenta las características físicas (temperatura, color, olor, turbiedad, sólidos, conductividad), químicas (DQO, pH, grasas y aceites, fenoles, nitratos, entre otros) y biológicas (patógenos) del agua residual ya que estas varían de acuerdo del lugar donde provienen con factores externos (localización, temperatura, origen del agua captada) e internos (población, desarrollo socioeconómico, nivel industrial, alimentación, entre otros).

En contexto, los cuerpos hídricos del país son receptores de vertimientos de aguas residuales que deterioran su calidad. Dado que, la contaminación de un cuerpo de agua depende del tamaño y calidad del vertimiento y, a su vez, del tamaño de la fuente hídrica y de su capacidad de asimilación, resulta una prioridad establecer y desarrollar estrategias que permitan preservar estos recursos hídricos (Planeación, 2002).

De igual forma, la descarga de las aguas residuales no solo impactan los cuerpos hídricos y la vida que hay en ellos, también afectan la vida humana con problemáticas sanitarias, ya que las aguas residuales se caracterizan por el alto contenido de microorganismos patógenos causantes de múltiples enfermedades que impactan la salud humana y a su vez, genera problemáticas socioeconómicas por los sobrecostos que imputa en inversión y gastos en servicios de salud.

3.1.2. Muestreo y análisis de las aguas residuales. El muestreo y análisis deben estar dirigidos a un propósito específico, es esencial obtener muestras lo más homogéneas y representativas (para su exactitud y confiabilidad) posibles del vertido y del medio receptor, además se requiere conservar las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original y que no ocurran cambios significativos en su composición antes del análisis.

3.1.2.1. Medición de los caudales. Existen diversos métodos de medición de caudales, su elección depende de la situación (caudal pequeño, fuerte, flujo en régimen fluvial, etc.).

El método más adecuado es el volumétrico que se emplea en caudales pequeños (en laboratorio, fuentes, vertidos puntuales limitados en el tiempo). Además al realizar este análisis volumétrico se determina la concentración de una sustancia presente en una solución, midiendo el volumen de otra solución de concentración conocida que reacciona con el constituyente que se analiza.

3.1.2.2. Tipos de muestreo.

3.1.2.2.1. Muestreo simple. Representa la composición del agua para ese tiempo y lugar específico, este tipo de muestreo es útil para determinar la composición del agua residual.

3.1.2.2.2. Muestreo compuesto. Mezcla de varias muestras instantáneas recolectada en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos.

3.1.2.2.3. Muestreo integrado. Muestras que se toman al mismo tiempo en sitios cercanos donde el caudal no varíe mucho. Se utiliza para caracterizar el caudal de un río, el cual varía su composición a lo largo de su trayecto y su ancho y para el cálculo de las cargas (kg/d) de las sustancias contaminantes en la corriente de agua.

Según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) 2000- TITULO E (Min. de desarrollo económico, 2000), en la realización de muestreos simples deben medirse unos parámetros de acuerdo al tipo de muestreo y al nivel de complejidad.

Se utiliza un aforo volumétrico que consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de material que se está aforando o recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de este. Se utiliza para vertimientos puntuales de pequeño tamaño.

Por otra parte, se realiza una cadena de custodia (Anexo 1) para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de datos, esta incluye la rotulación muestras, sellos de muestras, libro de registro de muestras, registro de la carta de custodia, hoja de remisión de muestras, transporte de las muestras al laboratorio, recepción y registro de muestras, análisis de las muestras y lo más importante la preservación de la muestra para que sean representativas del material de campo, como se ve en la Tabla 1.

Tabla 1. Requerimientos para el manejo y preservación de muestras.

Determinación	Recipiente	tamaño mínimo de la muestra (mL)	Preservación	Almacenamiento máximo (recomendado/ regulatorio)
Acidez	P.V.(B)	100	Refrigerada	24h/14 días
Alcalinidad	P.V	200	Refrigerada	24h/14 días
DBO	P.V	1000	Refrigerada	6h/48 h
Boro	P	100	No requiere	28d/ 6 meses
Bromo	P.V			28d/28 días
Carbón, orgánico, total	V	100	Analizar inmediatamente, o refrigerar y adicionar HCl a pH +2	7d/ 28 días
Dióxido de carbón	P.V	100	Analizar inmediatamente	stat/n.s
DQO	P.V	100	Analizar tan pronto como sea posible o adicionar H ₂ SO ₄ a pH menor 2 : refrigerar	7d/28dias
Cloro residual	P.V	500	Analizar inmediatamente	0.5 h/ stat
Dióxido de cloro	P.V	500	Analizar inmediatamente	0.5 h / N.S
Clorofila	P.V	500	30 días en la oscuridad	30d/ N.S
color	P.V	500	Refrigerada	48h/ 48h

Conductividad	P.V	500	Refrigerada	28d/ 28 días
Cianuros: 1)Totales 2)factibles de ser tratados por cloración	P.V	500	Adicionar NaOH a pH 12: refrigerar en la oscuridad, Adicionar 100mg de Na ₂ S ₂ O ₃ /L	24h/ 14 días: 24 h si hay sulfuro presente stat/ 14 días 24 h si hay sulfuro presente
Fluoruros	P	300	No requiere	28d/ 28 días
Dureza	P-V	100	adicionar HNO ₃ a pH menor 2	6 meses/ 6 meses
yodo	P.V	500	Analizar inmediatamente	0.5h/ N.S
Metales 1.)cromo + 6 2.)cobre por colorimetría 3.)mercurio	P(A).V(A) P(A).V(A) P(A).V(A)	300 500	Para metales disueltos filtrar inmediatamente: adicionar HNO ₃ a pH menor 2 Refrigerar Adicionar HNO ₃ a pH menor 2 refrigerar a 4°C	6 meses / 6 meses 24 h / 24 h 28 d / 28 días
nitrógeno amonio	P.V	500	Analizar tan pronto como sea posible o adicionar H ₂ SO ₄ a pH menor 2 : refrigerar	7 d / 28 días
Nitratos	P.V	100	Analizar tan pronto como sea posible refrigerar	48 h / 48 h (28 días para muestras cloradas)
Nitratos + nitritos	P.V	200	Analizar tan pronto como sea posible o adicionar H ₂ SO ₄ a pH menor 2 : refrigerar	ninguno /28 días
nitrito	P.V	100	refrigerar, adicionar H ₂ SO ₄ a pH menor 2	ninguno /48 días

Nitrógeno total kjeldahl (orgánico)	P.V	500	refrigerar, adicionar H ₂ SO ₄ a pH menor 2	7d/ 28 días
Olores	V	500	Analizar tan pronto como sea posible : refrigerar	28 d / 28 días
Aceites y grasas	V. boquilla amplia calibrada	1000	Adicionar H ₂ SO ₄ . refrigerar	28 d / 28 días
Compuestos orgánicos 1)pesticidas 2)Fenoles 3)purgables por purga y trampa	V(S). Tapas de ploitetrafluoetileno) TFE lined cap P.V V.TFE lined cap	500 50	Refrigerar: adicionar 1000 mg de ácido ascórbico/ L, si hay cloro residual presente	Hasta la extracción; 30 días después de la extracción. / 28 días 7 d/ 14 días
Oxígeno disuelto : Método de electrodo Método de Winkler	Botella de DBO	300	Analizar inmediatamente. La titulación puede ser retrasada después de la acidificación	8h / 8h
Ozono	V	1000	Analizar inmediatamente	0.5h/N.S
pH	P.V		Analizar inmediatamente	2h/ N.S
fosfatos	V(A)	100	Para fosfatos disueltos, filtrar inmediatamente; refrigerar	48 h / N.S
Salinidad	V. sello de cera	240	Analizar inmediatamente o usar sello de cera	6 meses /N.S
silice	P			28d/ 28 días

Gas de lodos digeridos	Botella de gas		refrigerar, no congelar	N.S
Sólidos	P.V		Refrigerar	7d/2-7 días
Sulfatos	P.V			28 d / 28 días
Sulfuros	P.V	100	Refrigerar, adicionar 4 gotas Zinc 2N acetato/100 ml; adicionar NaOH a pH mayor 9	28d/ 7 días
Sabor	V	500	Analizar tan pronto como sea posible; refrigerar	24h/N.S
Temperatura	P.V		Analizar inmediatamente	stat/stat
turbidez	P.V		Analizar el mismo día	24h/ 48 h

Fuente: RAS 2000 – Título E.

Para concluir, el muestreo y análisis se realizara a través de la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, de acuerdo a los aspectos establecidos en el Decreto 3100 de 2003.

3.1.3. Principales parámetros para medir características de aguas residuales. Los principales parámetros para medir las características de las aguas residuales son:

Parámetros de determinación física:

- Temperatura
- Color
- Turbiedad
- Olor
- Conductividad

Parámetros de determinación química:

- Demanda biológica de oxígeno(DBO5)
- Demanda química de oxígeno(DQO)

- Oxígeno disuelto
- pH
- Acidez
- Alcalinidad
- Dureza(total, cálcica, magnética, permanente)
- Solidos (totales, sedimentables, suspendidos, disueltos)
- Sulfatos
- Grasas y aceites
- Nitritos, entre otros

Parámetros de determinación biológica:

- Plancton
- Patógenos (Escherichia coli, Estreptococos fecales, Clostridios).

La resolución 631 de 2015 establece los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles para vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas (Tabla 3) y a su vez establece que debe realizarse el análisis y reporte de los valores de la concentración en Número Más Probable (NMP/100mL) de coliformes Termo tolerantes presentes en los vertimientos puntuales de aguas residuales cuando la carga másica es mayor a 125,00 Kg/día de DBO 5.

Tabla 2. Valores límites permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales doméstica.

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS- ARD DE LAS SOLUCIONES INDIVIDUALES DE SANEAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES O BIFAMILIARES	AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS- ARD Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD- ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PUBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES, CON UNA CARGA MENOR O IGUAL A 625,00 Kg/día DBO5
Generales			
pH	unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L O2	200	180
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O2		90

Sólidos Suspendidos Totales(SST)	mg/L	100	90
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5	5
Aceites y grasas	mg/L	20	20
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	-	Análisis y reporte
Hidrocarburos			
Hidrocarburos totales (HTP)	mg/L	-	Análisis y reporte
Compuestos de fosforo			
Ortofosfatos (P-PO4)	mg/L	-	Análisis y reporte
Fosforo total (P)	mg/L	-	Análisis y reporte
Compuestos de nitrógeno			
Nitratos	mg/L	-	Análisis y reporte
Nitritos	mg/L	-	Análisis y reporte
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	-	Análisis y reporte
Nitrógeno total (N)	mg/L	-	Análisis y reporte

Fuente: Resolución 631 de 2015

3.1.4. Plan de saneamiento y manejo de vertimientos. El plan de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV) está articulado bajo la Resolución 1433 de 2004 que reglamenta el artículo 12 del decreto 3100 de 2003 y define los componentes mínimos para efectos de establecer la meta individual de reducción de la carga contaminante. Esta norma establece que debe formularse un PSMV teniendo en cuenta la información disponible sobre la calidad y uso de los cuerpos receptores, criterios de priorización según el RAS y, en este caso, para el municipio de Choachi, el esquema de ordenamiento territorial que establece un control a las diferentes actividades asociadas al turismo (Choachi C. m., 2000).

El PSMV es el conjunto de programas, proyectos y actividades con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarios para el saneamiento y tratamiento de vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de aguas residuales descargadas al sistema de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial. Será aprobado por la autoridad ambiental competente y tendrá un horizonte de planificación mínimo a 10 años.

Además deberá contener un diagnóstico del sistema de alcantarillado, identificación de los vertimientos puntuales, caracterización de las aguas residuales y cuerpos de agua receptores, proyecciones de carga contaminante generada, objetivos de reducción del número de vertimientos, descripción de programas, proyectos, actividades, cronograma e inversiones para el alcantarillado en cumplimiento de la norma de vertimientos.

Para terminar, deberá realizarse conforme a la normatividad vigente donde se destaca la nueva resolución de vertimientos Resolución 631 de 2015, Reglamento de agua potable y saneamiento RAS título e, a nivel municipal, el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Choachi, el Plan de desarrollo “construyendo el Choachi soñado 2012-2015 y el Plan de gobierno 2012-2015.

3.1.5. Sistemas de tratamiento de las aguas residuales. Los niveles de tratamiento de las aguas residuales nos muestran las tecnologías de tratamiento de agua residual que responden al tipo de tratamiento que se realiza, para esto se tienen los siguientes niveles: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario, cada uno de ellos posee mecanismos para obtener el resultado deseado, los desarrollaremos en torno al tratamiento preliminar y primario.

Por otra parte, establecer un sistema de tratamiento requiere tener una información necesaria que abarca: la cantidad y calidad del agua residual, tipo de suelo y permeabilidad, temperatura (media mensual y anual), uso de la tierra, zonificación, prácticas agrícolas, requerimientos de calidad para descargas superficiales y sub superficiales, nivel freático e información de los cuerpos de agua de la zona. (Ministerio de Desarrollo economico, 2000) También su elección depende de los costos y disponibilidad de terrenos.

De igual forma, es importante resaltar que el tratamiento de las aguas residuales se basa en la auto purificación de los cuerpos de agua, por lo que la tecnología induce esos procesos naturales a través de mecanismos artificiales para logra así disminuir el grado de contaminación de los cuerpos de agua.

3.1.5.1. Tratamiento preliminar. Este se realiza con el fin de separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos grandes que flotan o están suspendidos (generalmente compuestos de madera, telas, papel, basura y materia fecal), separar solidos inorgánicos pesados (como arena, grava), separar cantidades excesivas de aceites y grasas y también, limpiar todas aquellas partículas que puedan dificultar los procesos posteriores. Esto debe realizarse por medios físicos y mecánicos como rejillas, desaneradores y trampa de grasas. (Figura 1).

El tipo de dispositivos para el pre tratamiento de la misma forma depende del tipo de aguas residuales, características del agua residual y el tipo de tratamiento que se emplee posteriormente.



Figura 1. Mecanismos de tratamiento para las aguas residuales tratamiento preliminar.

EL tratamiento preliminar resulta de fácil operación y bajo costo, sin embargo su eficiencia es baja, lo que significa que no es suficiente para cumplir con los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos a cuerpos de agua, por lo cual, debe emplearse un tratamiento primario que permita dar cumplimiento a la normatividad vigente.

3.1.5.1.1. Rejillas. Las rejillas se usan para retener y separar los objetos voluminosos flotantes y en suspensión que posee el agua residual, estas se ubican aguas arriba de cualquier dispositivo de tratamiento, estas pueden ser de tipo manual o mecánico. Según sea el tipo de rejilla determinara el espaciamiento y la velocidad mínima de aproximación.

La distancia ente las rejillas depende del objeto de la misma pueden oscilar entre 4 y 9 cm, de acuerdo con lo que se puede clasificar en fina, medio y gruesa. A pesar de que con este pueden llegarse a eliminar entre un 5% y un 25% de sólidos en suspensión, de un 40% a 60% se eliminan con sedimentación.

3.1.5.1.2. Trampas de grasas. Son tanques pequeños de flotación natural donde los aceites y las grasas (que poseen una densidad inferior a la del agua) se mantienen en la superficie del tanque para ser fácilmente retenidos y retirados, mientras el agua aclarada sale por la parte inferior.

El diseño se realiza de acuerdo al caudal de agua residual a tratar, donde se tiene en cuenta el tiempo de retención hidráulica y debe ubicarse lo más cerca posible de la fuente de agua residual, además pueden ser de tipo domiciliar o colectivo

Esas deben limpiarse regularmente para evitar que se escapen cantidades grandes de grasa y para evitar malos olores. También, debe poseer dispositivos de entrada y salida para protección contra sobre cargas y permitir una circulación normal, la distancia entre estos dispositivos debe ser la indicada para retener la grasa, debe evitarse que entren allí insectos, roedores, entre otros animales que puedan interrumpir la operación del sistema.

3.1.5.1.3. Desarenadores. Los desarenadores cumplen la función de remover partículas de arena y similares, por lo cual se hace necesario disminuir la velocidad del agua para que las partículas se sedimenten. Así mismo, se emplea para minimizar la formación de depósitos pesados en tuberías, conductos y canales. Los desarenadores se localizan después de las rejillas y antes del tratamiento primario y sus medidas varían según el flujo hidráulico (Tabla 3).

Su geometría depende el tipo de desarenador que se diseñe según el RAS 2000 existen de tipo:

Tabla 3. Dimensiones para el diseño de desarenador

Parámetro	Desarenador de flujo horizontal	Desarenador aireado	Desarenador tipo vórtice
Profundidad(m)	2 – 5	2 – 5	2.5 – 5
Longitud(m)	-----	8 - 20	-----
Ancho (m)	-----	2.5 - 7	-----
Relación largo ancho	2.5 : 1 – 5 : 1	3:1 – 5 : 1	-----
Relación ancho: profundidad	1:1 – 5 : 1	1:1 – 5 : 1	-----
Diámetro			
Cámara superior	-----	-----	1 – 7
Cámara inferior			1 – 2

Fuente: RAS 2000

Así, durante su diseño se debe tener en cuenta el número de desarenadores, la velocidad mínima del agua, la tasa de desbordamiento superficial, el tiempo de retención hidráulica, estructuras de control de caudal (vertedero), su operación y mantenimiento que puede ser de tipo manual o mecánico de acuerdo al caudal.

3.1.5.2. Tratamiento primario. Este tipo de tratamiento permite remover contaminantes sedimentables, algunos sólidos suspendidos y flotantes a partir de la aplicación de procesos de orden físico y químico.

3.1.5.2.1. Tanque séptico. Este es uno de los sistemas más antiguos y sencillos de tratamiento primario, es una buena elección en lugares donde no existe alcantarillado municipal, se diseña para mantener el agua residual a una velocidad muy baja y bajo condiciones anaerobias donde se efectúa una gran eliminación de sólidos sedimentables, ya que funciona en base a tres procesos: sedimentación de sólidos suspendidos, digestión anaerobia de la materia orgánica, retención de sólidos flotantes y grasas.

Los elementos de diseño que deben tenerse en cuenta su tamaño (las medidas internas mínimas recomendadas, volumen útil, número de cámaras), accesorios (filtro de grava), configuración, impermeabilización, integridad estructural, limpieza del tanque.

Según el RAS-título E, deben ubicarse 1.50 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración, 3.0 m distantes de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua y 15.0 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.

De igual forma se recomienda para volúmenes de agua residual menores de 20m³, para poblaciones de 100 a 500 habitantes, requiere de una área de 0.4 a 0.6 m²/ habitante y posee un porcentaje de remoción de 30 a 50% de DBO, de un 70% a 80 % de grasa y aceites y un 70% de sólidos sedimentables.

El diseño de un tanque séptico se debe orientar con lo siguiente: Prever un tiempo de retención de las aguas servidas, en el tanque séptico, suficiente para la separación de los sólidos y la estabilización de los líquidos., prever condiciones de estabilidad hidráulica para una eficiente sedimentación y flotación de sólidos, asegurar que el tanque sea lo bastante grande para la acumulación de los lodos y espuma, prevenir las obstrucciones y asegurar la adecuada ventilación de los gases.

Existen diferentes tipos de tanque séptico (Imagen 1), dentro de los que tenemos: tanques convencionales de dos comportamientos, equipados con un filtro anaerobio, según el material (concreto, fibra de vidrio, ladrillo y otros materiales), según la geometría (rectangulares o cilíndricos).

(Concreto, fibra de vidrio, ladrillo y otros materiales).

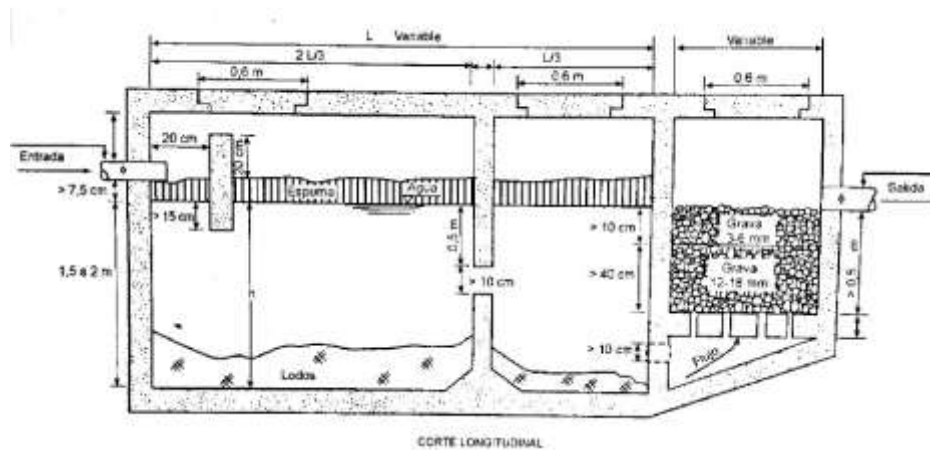


Imagen 1. Ilustración de un tanque séptico estándar. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2016

3.1.5.2.2. Sedimentador primario: se realiza en tanques ya sean rectangulares o cilíndricos en donde se remueve de un 60 a 65% de los sólidos sedimentables y de 30 a 35% de los sólidos suspendidos en las aguas residuales. En la sedimentación primaria el proceso es de tipo floculante y los lodos producidos están conformados por partículas orgánicas.

Un tanque de sedimentación primaria tiene profundidades que oscilan entre 3 y 4m y tiempos de detención entre 2 y 3 horas. En estos tanques el agua residual es sometida a condiciones de reposo para facilitar la sedimentación de los sólidos sedimentables. El porcentaje de partículas sedimentadas puede aumentarse con tiempos de detención más altos, aunque se sacrifica eficiencia y economía en el proceso; las grasas y espumas que se forman sobre la superficie del sedimentador primario son removidas por medio de rastrillos que ejecutan un barrido superficial continuo (Antioquia, 2016).

3.1.5.2.3. Coagulación química. La coagulación en el tratamiento de las aguas residuales es un proceso de precipitación química en donde se agregan compuestos químicos con el fin de remover los sólidos. El uso de la coagulación ha despertado interés sobre todo como tratamiento terciario y con el fin de remover fósforo, color, turbiedad y otros compuestos orgánicos (Antioquia, 2016).

3.1.5.2. Tratamiento secundario. Este se diseña para retirar de las aguas negras los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante el proceso físico de sedimentación, lo que se realiza reduciendo la velocidad de flujo. Estos sólidos eliminados se caracterizan por ser en mayor parte materia orgánica lo que permite reducir la concentración de DBO del efluente.

De igual forma, el grado de reducción de la contaminación depende del proceso utilizado y de las características que posea el agua residual. Para el tratamiento primario existen diversos mecanismos que responden a las necesidades y objetivos del sistema de tratamiento (Figura 2), Dentro de los cuales se destacan:



Figura 2. Tipos de tratamiento secundario. Córdoba y Numpaque, 2016

3.1.5.2.1. Reactor anaeróbico de flujo ascendente con mantos de lodos (UASB O RAFA). Esta tecnología se caracteriza por ser de tratamiento biológico, en esta el agua residual entra y fluye por medio del manto de lodo donde la materia orgánica se degrada por la acción de microorganismos en ausencia de oxígeno disuelto a través de las reacciones de hidrólisis, acetogénesis y metanogénesis, de este proceso se genera un agua residual tratada, biogás que se ubica en la parte superior y lodos que permanecen en la parte inferior.

El reactor tiene otros componentes que permiten el correcto funcionamiento, operación y mantenimiento del mismo, estos son: separador gas-liquido-sólido, unidad de alimentación, deflectores, colector de gas, tubería de recolección de gas y canaletas de recolección del efluente.

Sin embargo, debido al corto tiempo de retención hidráulica la eficiencia del sistema resulta baja con una remoción de DBO de 65 a 80% y una remoción despreciable de patógenos.

Se recomienda este mecanismo de tratamiento de agua residual para poblaciones de 10 a 100,000 habitantes y para temperaturas entre 10 ° C y 30° C, con un área requerida de 0.01-0.02 m² por habitante.

3.1.5.2.2. Reactor anaerobio de flujo a pistón (RAP). Este tratamiento también es de tipo biológico y se compone por cámaras separadas por muros que fuerzan al agua residual a subir y bajar repetidamente lo que permite que la variación de parámetros evaluados en la calidad del agua sea gradual al estabilizarse el sustrato, transformando así la materia orgánica en biogás y lodos.

Su eficiencia resulta baja en comparación con otras tecnológicas con una remoción de 65 a 80 % de DBO y una remoción despreciable de patógenos.

Se diseña para poblaciones de 5,900 a 18,000 habitantes y para temperaturas entre 13°C y 17°C. El área requerida por habitante es de 0.01 a 0.02 m².

Tiene tendencia a producir malos olores y a atraer vectores, además debe realizarse el manejo de los lodos y el biogás que no puede ser aprovechado en ninguna otra actividad.

3.1.5.2.3. Lagunas de estabilización. Las lagunas de estabilización imitan el funcionamiento de autodepuración natural de ríos y lagos, así se depura el agua represándola y fomentando la sedimentación de la materia, brindando un efluente de buena calidad dado por la interacción de la biomasa, la materia orgánica y otros procesos naturales.

Son estructuras de fácil operación y mantenimiento, que se constituyen por embalses naturales o artificiales expuestos a las condiciones climáticas, estas pueden ser: lagunas aeróbicas, anaeróbicas, facultativas y de maduración, se caracterizan por ser de tratamiento secundario, aunque la laguna anaeróbica puede ser usada como tratamiento primario.

En estas debe tenerse en cuenta factores que afectan el funcionamiento de las lagunas como el pH, la temperatura, nutrientes y sustancias tóxicas, además de cumplir algunos requisitos para una correcta operación y mantenimiento con el fin de evitar impactos negativos sobre aguas subterráneas y no generar malos olores.

La laguna anaeróbica se caracteriza por ser de profundidad media a alta y tiempos de retención hidráulica cortos, posee una remoción del 50 al 70 % de DBO y de 90 a 99 % de patógenos. Requiere de un área de 01 a 1 hectárea por habitante, es decir que requiere de amplias extensiones de terreno.

3.1.5.2.4. Filtro percolador. El filtro percolador es un relleno cubierto de limo biológico a través del cual se percola el agua residual. Normalmente el agua residual se distribuye en forma de pulverización uniforme sobre el lecho de relleno mediante un distribuidor rotativo del flujo. El agua residual percola en forma descendente a través del relleno y el efluente se recoge en el fondo (CIDTA, 2006).

3.1.5.2.5. Humedales artificiales: Es un sistema que solo sirve para depurar aguas residuales con características domésticas, basadas en humedales naturales. La población o flora se puede implementar en tres diferentes tipos de vegetación: sumergida, emergente o flotante dependiendo de las características del afluente y de la topografía del terreno.

Este sistema resulta útil para poblaciones con menos de 2.000 habitantes y puede ser implementada en sectores con poblaciones flotantes de carácter turístico, además, son una alternativa con costos de operación relativamente bajos.

3.1.6. Cuantificación de las aguas residuales. Para determinar los caudales y concentraciones de interés ambiental y sanitario se deben seguir los procedimientos que contempla el título E del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento (RAS).

3.1.6.1. Caudal (Q). El caudal de agua residual está dado por la población que se sirve del sistema de acueducto y la dotación de consumo de agua per cápita (Tabla X), afectada por un factor de retorno (% del agua consumida que regresa al alcantarillado); que generalmente oscila entre 70 – 80%.

Tabla 4. Dotación neta mínima según nivel de complejidad

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta mínima (L/hab * día)	Dotación neta máxima (L/hab * día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: Resolución 2320 de 2009, artículo 1 (modificación del artículo 67 RAS 2000)

Con base en lo anterior se determina que el caudal total de agua que se consume (QMD) permitirá identificar el caudal de agua residual:

$$\text{Caudal Medio Diario (QMD L/día)} = P (\text{habitantes}) * D (\text{dotación L/hab./día})$$

$$\text{Caudal de Agua Residual (QAR L/día)} = \text{QMD} * 70 - 80\%$$

3.1.6.2. Carga contaminante (C.C). A partir de lo establecido por la Guía Aguas Residuales Municipales (Ministerio de Medio Ambiente, 2002) se estima que una persona genera una contaminación diaria que oscila entre los 40 - 50 gr DBO₅ aproximadamente.

Al hacer una relación DBO₅ / DQO mayor a 0.5 (es decir una proporción de materia orgánica mayor al 50 %), se puede determinar si un vertimiento de agua residual es biodegradable y puede ser tratado por medios biológicos.

3.3. Marco Normativo

3.3.1. A nivel nacional:

Tabla 5. Marco normativo a nivel nacional. Recopilación por Córdoba y Numpaque, 2016.

Normas	Objetivo	Elemento
Decreto 4728 de 2010	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.	Artículo 2. Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales y Subterráneas. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expedirá dentro de los dieciséis (16) meses siguientes, contados a partir de la publicación del presente decreto, el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales y Subterráneas.
Resolución 1096 de 2000	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS: El RAS es el documento técnico que fija los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico.	Titulo E- Tratamiento de aguas residuales: aspectos generales de los sistemas de tratamiento, caracterización de aguas residuales, sistemas de tratamiento en el sitio de origen y sistemas centralizados. Titulo D- Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales: Aspectos generales de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales
Decreto 3100 de 2003	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.	Artículo 12. Establece la meta individual de reducción de la carga contaminante, los usuarios prestadores del servicio de alcantarillado deberán presentar a la Autoridad Ambiental Competente el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos que deberá contener las actividades e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos.

Resolución 1433 de 2004	Reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.	Artículo 1, 3,4 Establece que es, su horizonte de planificación y una metodología para la formulación, desarrollo y evaluación de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV
Resolución 2145 de 2005	Modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV	La información de que trata el artículo 4° de la Resolución 1433 de 2004, deberá ser presentada ante la autoridad ambiental competente por las personas prestadoras del servicio público de alcantarillado y sus actividades complementarias en cierto plazo.
Resolución 0631 de 2015	Establece los parámetros valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a sistemas de alcantarillado	Artículo 6. Parámetros microbiológicos de análisis y reporte en los vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales. Artículo 8. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales.

3.3.2. A nivel local:

Tabla 6. Marco normativo a nivel local.

Norma	Objetivo
Acuerdo No.05 de 2000, Esquema de ordenamiento territorial Choachi	por el cual se adopta el esquema de ordenamiento territorial municipal, se definen los usos del suelo para los sectores de la zona rural y urbana, se establecen las reglamentaciones urbanísticas correspondientes y las normas de preservación y defensa del patrimonio ecológico de la jurisdicción del municipio de Choachí, en armonía con las disposiciones regionales para el manejo de los recursos naturales y el medio ambiente; así mismo se plantean los

	planes complementarios para el futuro desarrollo territorial del municipio.
Informe de gestión municipio de Choachi Cundinamarca 2012	Resumen de gestión en diferentes ámbitos como turismo, educación, entre otros.
Plan de desarrollo económico, social y de obras públicas 2012 – 2015 para el municipio de Choachi	El Plan de Desarrollo tiene como objetivo fundamental sentar las bases para convertir a Choachí en un territorio competitivo y sostenible a largo plazo, que genera condiciones para lograr el mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar de sus habitantes, mediante el ejercicio efectivo de la participación y del control social por parte de los ciudadanos en los procesos de toma de decisiones, formulación y ejecución de las políticas públicas, basadas en la experiencia y preparación para una buena administración.
Plan territorial en salud 2012 – 2015 para el municipio de Choachi – Cundinamarca	El Plan Territorial en Salud tiene como objetivo fundamental sentar las bases para convertir a Choachí en un territorio competitivo y sostenible a largo plazo, que genera condiciones para lograr el mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar de sus habitantes, mediante el ejercicio efectivo de la participación y del control social por parte de los ciudadanos en los procesos de toma de decisiones, formulación y ejecución de las políticas públicas, basadas en la experiencia y preparación para una buena administración formulación y ejecución de las políticas públicas, basadas en la experiencia y preparación para una buena administración
PLAN DE DESARROLLO TURÍSTICO MUNICIPAL 2011 – 2020	acuerdo por medio del cual se adopta el plan de desarrollo turístico del municipio de Choachí para la vigencia 2011-2020

Recopilación por Córdoba y Numpaque, 2016.

3.3. Marco conceptual.

- Aguas de infiltración: Agua proveniente del subsuelo, indeseable para el sistema separado y que penetra en el alcantarillado.
- Alcantarillado: Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales o de las aguas lluvias.
- Alcantarillado de aguas combinadas: Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas lluvias.
- Alcantarillado de aguas lluvias: Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de aguas lluvias.
- Alcantarillado de aguas residuales: Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales.
- Alcantarillado separado: Sistema constituido por un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvias que recolectan en forma independiente en un mismo sector.
- Aliviadero: Estructura diseñada en colectores combinados, con el propósito de separar los caudales que exceden la capacidad del sistema y conducirlos a un sistema de drenaje de agua lluvia.
- Área tributaria: Superficie que drena hacia un tramo o punto determinado.
- Canal: Cauce artificial, revestido o no, que se construye para conducir las aguas lluvias hasta su entrega final en un cauce natural.
- Canalizar: Acción y efecto de construir canales para regular un cauce o corriente de un río o arroyo.
- Caracterización de las aguas residuales: Determinación de la cantidad y características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.

- Coeficiente de escorrentía: Relación que existe entre la escorrentía y la cantidad de agua lluvia que cae en una determinada área.
- Consumo: Volumen de agua potable recibido por el usuario en un periodo determinado.
- Cuneta: Canal de sección triangular ubicado entre el sardinel y la calzada de una calle, destinado a conducir las aguas lluvias hacia los sumideros.
- Cuerpo receptor: Cualquier masa de agua natural o de suelo que recibe la descarga del afluente final.
- Densidad de población: Número de personas que habitan dentro de un área bruta o neta determinada.
- Diámetro: interno real de conductos circulares.
- Dotación: Cantidad de agua promedio diaria por habitante que suministra el sistema de acueducto, expresada en litros por habitante por día.
- Escorrentía: Volumen que llega a la corriente poco después de comenzada la lluvia.
- Estructuras de disipación de energía: Estructuras construidas para disipar la energía del flujo.
- Estructura de separación de caudales (Ver aliviadero).
- Estructuras de entrega: Estructuras utilizadas para evitar daños e inestabilidad en el cuerpo de agua receptor de aguas lluvias o residuales.
- Red local de alcantarillado: Conjunto de tuberías y canales que conforman el sistema de evacuación de las aguas residuales, pluviales o combinadas de una comunidad, y al cual desembocan las acometidas del alcantarillado de los inmuebles.
- Red pública de alcantarillado: Conjunto de colectores domiciliarios y matrices que conforman el sistema de alcantarillado.
- Red secundaria de alcantarillado: Conjunto de colectores que reciben contribuciones de aguas domiciliarias en cualquier punto a lo largo de su longitud.

4. METODOLOGÍA

4.1. Enfoque metodológico.

La propuesta de Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos para el centro turístico Aguas Termales de Santa Mónica en Choachí, Cundinamarca; estará basada en un análisis detallado de los diferentes aspectos ambientales, sociales, económicos, técnicos y operativos que requiere este lugar para manejar, tratar y disponer sus aguas residuales de acuerdo a las exigencias normativas y ambientales que esto implica.

4.2. Etapas.

Por lo anterior se utilizarán procesos metodológicos de investigación descriptiva y exploratoria que permitan llevar a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo de un tratamiento acorde a las necesidades del establecimiento, con base en el sistema actual, las características del agua residual y la fuente receptora; mediante las siguientes etapas metodológicas:

4.2.1. Planteamiento del problema y revisión bibliográfica. En esta etapa se planteara y revisará el título, los objetivos, la justificación, el planteamiento del problema y los referentes bibliográficos, conceptuales y legales que se requieren para la realización del presente plan de saneamiento y manejo de vertimientos.

4.2.2. Realización del diagnóstico del sistema actual de alcantarillado y cuerpo de agua receptor. En esta etapa se identificara el estado actual del sistema de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales, a partir de la inspección a las redes de alcantarillado y análisis de los vertimientos que se generan, mediante la utilización del método volumétrico que consiste en establecer la concentración de carga contaminante presente en el agua residual.

4.2.3. Identificación de la composición de las aguas residuales. Esta etapa consiste en realizar un análisis de los parámetros físico-químicos y biológicos del agua residual generada en este establecimiento, por medio de la toma de muestras representativas que permitan identificar las características del vertimiento y establecer el nivel de cumplimiento legal, con base en las exigencias normativas.

4.2.4. Propuesta del sistema de tratamiento de agua residual. En esta etapa se evaluarán 3 alternativas de tratamiento con base en la caracterización realizada en la etapa anterior y se determinará cuál de estas es la más factible en términos ambientales sanitarios, económicos y operativos, acorde a las necesidades del establecimiento.

4.2.5. Elaboración de programas, actividades y recomendaciones. En esta etapa se plantearán actividades y programas que instruyan acerca de la adecuada recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales con el fin de contribuir a su buen manejo. Además se darán recomendaciones para el manejo de puntos críticos.

Como resultado final se obtendrá la propuesta de una tecnología o sistema de tratamiento y se entregará informe documental a los interesados.

4.3. Métodos.

4.3.1. Método de aforo volumétrico. El aforo volumétrico consiste en medir el tiempo que gasta el agua en llenar un recipiente de volumen conocido, para lo cual el caudal es fácilmente calculable con la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Volumen (V)} / \text{Tiempo (T)}$$

4.3.2. Método Volumétrico para la realización del análisis de laboratorio de muestras de agua residual. Se basa en determinar indirectamente, mediante un proceso de valoración o titulación. La sustancia de concentración desconocida se titula con una disolución estándar de concentración conocida, determinándose a partir del volumen gastado de la sustancia titulante (Callao, 2016).

4.3.3. Método geométrico o exponencial (proyección poblacional). Este método establece que la población crece a una tasa constante, lo que significa que aumenta proporcionalmente lo mismo en cada período de tiempo. El crecimiento geométrico se describe a partir de la siguiente ecuación (Jiménez, 2016).

$$N_t = N_0(1 + r)^t$$

N_t y N_0 = Población al inicio y al final del período.

t = Tiempo en años, entre N_0 y N_t .

r = Tasa de crecimiento observado en el período.

4.3.4. Matriz de análisis de efectos - computadora de papel. Esta metodología consta de una matriz de doble entrada (Figura 3), la cual que tiene las mismas variables (previamente identificadas) en sus filas y columnas, para ello se deben establecer las variables esenciales y establecer los efectos de cada variable sobre las demás (Universidad Industrial de Santander , 2005).

Variable	A	B	C	TA
A		x	x	
B	x		x	
TP				

Figura 3. Matriz de análisis de efectos

Como resultado de la aplicación de esta metodología se obtiene un total activo TA (sumatoria horizontal de los valores) y un total pasivo TP (sumatoria vertical de los valores). Estos valores corresponden a una calificación que se otorga teniendo en cuenta el rango numérico indicado en la Tabla 7.

Tabla 7. Rango de calificación de efectos

Calificación	Efecto
0	sin efecto
1	efecto mínimo
2	efecto regular
3	efecto fuerte

4.3.5. Análisis de promedio ponderado. Este método consiste en la realización de un promedio ponderado en el cual cada variable (V_i) tiene un nivel de importancia según las características del aspecto objeto de evaluación, que para efectos del presente trabajo, estas características corresponden a las características del centro turístico, las aguas residuales y la fuente receptora. Por lo anterior se hace necesario establecer:

- Una ponderación (P_i) para cada variable (V_i).
- (P_i) se encuentra entre 0-1 y la sumatoria de (P_i) debe ser igual a 1.
- Se debe establecer un rango de calificación de (0-100, 0-1), la calificación se establece de manera subjetiva por parte del evaluador, el cual toma como referencia las características ya mencionadas.
- Generar un promedio ponderado así: promedio ponderado = $\Sigma (V_i * P_i)$.

Por lo anterior, se establece que un mayor puntaje corresponde a una mayor probabilidad de implementación y adecuada operación de la alternativa más favorable.

5. RESULTADOS

5.1. Generalidades del Centro Turístico.

El centro turístico es un establecimiento de orden privado, cuya misión está orientada a la prestación de varios servicios que contribuyen a la salud, relajación y bienestar de los visitantes. Es considerado una de las principales fuentes económicas, además de ser el principal destino turístico del municipio.

5.1.1. Ubicación. El centro turístico se ubica sobre el Kilómetro dos de la vía que conecta el municipio de Choachí con el municipio de la Calera, en la vereda El resguardo. Este, es un establecimiento turístico que presta servicios orientados a la salud, descanso y relajación de los visitantes (Mapa 1).



Mapa 1. Ubicación del centro turístico en estudio. Imagen satelital de Google Maps, Editada por Numpaque y Córdoba, 2016.

5.1.2. Características ambientales. El Centro turístico se encuentra ubicado aproximadamente a 1.829 msnm, con una temperatura promedio de 18°C y sobre un ecosistema de bosque andino – bosque seco, el cual desempeña una importante labor como punto de unión de los cursos de agua que provienen de los ecosistemas de páramo y bosque alto andino, mediante la cual se incrementa el caudal de ríos y quebradas, dando vida a las cuencas hidrográficas más importantes del municipio (Rodríguez, 2015), además, cuenta

con una vegetación, dentro de la cual se destaca la presencia de las familias Escallonia, Myrcianthes, Myrtaceae, y el género Weinmannia, entre otras.

5.1.2.1. Hidrología. Este centro turístico tiene como principal atractivo las aguas termales que provienen del interior de la tierra a elevadas temperaturas y que se encuentran clasificadas como aguas termales de tipo bicarbonatadas (Figura 4) debido a su composición Cl-HCO₃-SO₄ que posee una concentración relativa de 11.92 % de Cloro, 87.32 % Bicarbonato y 0.76 % de sulfato. Por sus características químicas (Tabla 8), estas aguas tienen un gran valor en el tratamiento terapéutico y complementario en problemas respiratorios, cardiovasculares, dermatológicos y sobre todo de reumatismo y otras dificultades locomotoras.



Figura 4. Clasificación química de las aguas termales en Santa Mónica. Rodríguez y García, 2015

Tabla 8. Características químicas de las aguas termales en Santa Mónica

Característica	Valor	Característica	Valor
Mn	0,105	SO ₄	2,84
Hg	<0,0007	HCO ₃	326
Rb	<0,1	NH ₄	3,76
Se	<0,0019	NO ₃	<0,100
Cl	44,5	Cationes	6,34
F	0,573	Aniones	6,69
Br	<0,100	Especies disueltas	542

Nota. Datos del laboratorio Thermochem Inc. Igeominas, 2003. Citado por (Rodríguez, 2015)

Otro de los componentes hidrológicos de este centro turístico es la presencia de la quebrada Termales, la cual recibe su nombre debido a su cercanía con el punto en el que emergen las aguas termales, desempeñando un papel fundamental en el funcionamiento del

establecimiento, puesto que conduce las aguas termales que han sido utilizadas en la operación turística, hacia el Río Blanco después de su utilización en el balneario.

5.1.2.3. Geología. El centro turístico se encuentra ubicada sobre la formación geológica de Une, la cual está conformada principalmente por areniscas cuarzosas y arcillas carbonosas que conservan algunos depósitos de ladera, a través de los cuales emergen las aguas termales (Choachí, 2000).

5.1.2.4. Suelo. Según lo establecido por el Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT- del municipio, el centro turístico se ubica sobre la unidad de paisaje 13, la cual se caracteriza por presentar una erosión hídrica moderada y severa localizada y cuyo uso predominante es el ganadero.

5.1.3. Características físicas.

5.1.3.1. Instalaciones. La razón social de este centro turístico es la prestación de servicios orientados a la salud y bienestar del visitante mediante un acercamiento con los recursos naturales y por tal razón, la administración del lugar ha venido adecuando las instalaciones de manera tal que conserven un aspecto ecológico con amplias zonas verdes y senderos que permiten crear un ambiente de relajación.

La infraestructura de este establecimiento se encuentra en óptimas condiciones, ya que este es uno de los aspectos que le otorgan su valor turístico. Dentro de los componentes estructurales más representativos de este lugar se encuentran:

- **Restaurantes:** El centro turístico cuenta con seis restaurantes que unidos tienen capacidad máxima para 3.000 visitantes.
- **Hotel:** está conformado por tres edificaciones y 50 habitaciones con su respectiva batería sanitaria, que unidas tienen la capacidad instalada para el hospedaje de 170 huéspedes aproximadamente.
- **Zonas de recreación:** está conformado por los diferentes espacios destinados a la recreación de los turistas tales como, cancha de voleibol, cancha de futbol, senderos ecológicos, huerta ecológica y zonas verdes.
- **Balnearios:** Está compuesto por seis piscinas, tres salas de sauna, tres baños turcos y tres jacuzzi.

- Parqueadero y recepción.

5.2. Situación actual del manejo de las aguas residuales del Centro turístico.

5.2.1. Descripción del sistema actual de alcantarillado.

Las redes de alcantarillado al interior de este centro turístico están conformadas por una serie de tuberías en PVC de 2 y 4 pulgadas, posos de inspección y algunos elementos de tratamiento preliminar como trampas de grasa (Imagen 2) y rejillas.



Imagen 2. Trampa de grasas en la salida de los restaurantes del centro turístico. Numpaque, 2015.

El sistema actual de alcantarillado es separado, ya que las aguas lluvias son colectadas por separado de las aguas residuales domésticas. La red cuenta con dos colectores secundarios, uno de ellos recoge las aguas lluvias y las aguas provenientes de balneario, mientras que el otro recoge las aguas residuales provenientes de los restaurantes, sanitarios y la lavandería; sin embargo, este sistema resulta ineficiente debido a que estos colectores secundarios se encuentran unidos por un colector primario que mezcla las aguas residuales domésticas con las aguas provenientes de balneario y las aguas lluvias, sin haber sido tratadas previamente (Imagen 3).

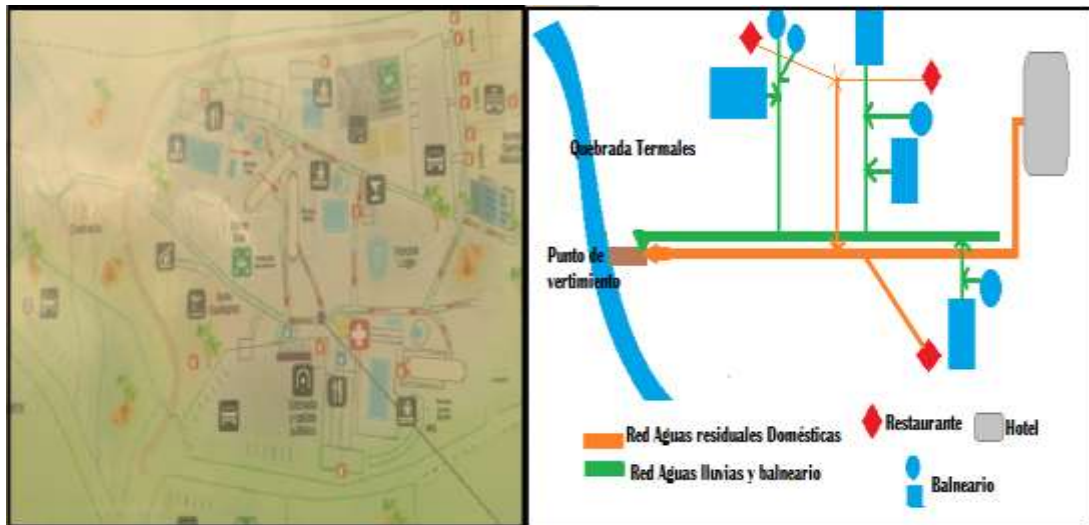


Imagen 3. Trazado de las redes actuales de alcantarillado al interior del centro turístico. Numpaque, 2016.

5.3. Caracterización de los vertimientos.

Con el fin de avanzar en la recuperación de la fuente hídrica receptora y establecer un correcto plan de saneamiento, se realizó la siguiente caracterización:

5.3.1. Identificación de los vertimientos. El centro turístico posee un único punto de vertimiento a la Quebrada las Termas que se encuentra dentro del predio del establecimiento (Imagen 4), en el cual se realizan descargas del agua residual proveniente de restaurantes, baños y otras áreas, durante el día, sin embargo en horas de la noche cuando ya no están en funcionamiento las áreas mencionadas, se descargan aguas provenientes de las piscinas de aguas termales que no requieren tratamiento.



Imagen 4. Punto de vertimiento de aguas residuales sobre la fuente hídrica receptora. Numpaque, 2015.

5.3.1. Muestreo y parámetros analizados. Para la caracterización de las aguas residuales se llevaron a cabo un muestreo puntual (Imagen 5) en el sitio en el que el colector primario descarga las aguas residuales sobre la quebrada Termales (P1).



Imagen 5. Realización del muestreo puntual. Córdoba, 2015

Este muestreo permitió determinar que el caudal promedio de vertimiento es de 2 L/s (Tabla 9).

5.3.1.1. Reporte de caudal.

Tabla 9. Caudal promedio de vertimiento







Hora de toma de la muestra	Caudal en L/s
	P1
11:00 AM	1,8
12:00 M	1,9
1:15 PM	2,3
Caudal promedio	2 L/s


Fuente: Córdoba y Numpaqué, 2016

Las muestras tomadas fueron transportadas bajo las medidas de conservación establecidas por la respectiva normatividad (Decreto 631 de 2015, artículo 8), acudiendo al laboratorio de aguas y suelos ubicado en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Sede Medio ambiente y recursos naturales. Posteriormente fueron sometidas a un análisis

de laboratorio que tuvo como resultado la determinación de los parámetros de calidad que se indican en la Tabla 10.

Tabla 10. Parámetros de calidad del agua residual según análisis de laboratorio

Resultados de laboratorio, análisis de las aguas residuales del centro turístico.			
Fecha:	08-nov-15		
Elaborado por:	Darwin Numpaque Pérez		
	Jeany Valeria Córdoba		
Parámetro	Método Utilizado para la determinación	Valor	Imagen
pH	pHmetro	7,6	
	Papel indicador	7	
Conductividad	Conductímetro	282.7 microsimen s	
Temperatura	pHmetro	19.4°C	
	Oxímetro	19.7°C.	
Color - olor	Organoléptico	incolore e incolore	
Turbiedad	Turbidímetro	5.52 NTU	
Sólidos suspendidos totales	$(0.0988 - 0.0979) \cdot 10^6 = 50$ ml de muestra	18 ppm	
Sólidos sedimentables	Cono imhoff	0.001 ppm	
Oxígeno disuelto	Oxímetro	37.8 mg/L	

D.Q.O	$(05.29-04.19) \cdot 0.05N \cdot 8000$ en 3 ml de muestra	146.6 ppm de DQO.	
-------	---	-------------------	---

Fuente - Fotografías: Córdoba y Numpaque, 2016.

Según el artículo 2 de la resolución 631 del 2015, las aguas residuales provenientes de este centro turístico se clasifican como agua residual doméstica, ya que proceden de instalaciones en las cuales se desarrollan actividades comerciales que generan la descarga de: baterías sanitarias, sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), áreas de cocina y lavado de instalaciones y ropa.

5.4. Producción de agua residual.

5.4.1. Producción actual de agua residual. Para efectuar los cálculos correspondientes a la producción de agua residual de este establecimiento se hizo uso del método aritmético:

Población proyectada (Pp): población actual * $(ICP\% + 1)^n$: número de años de proyección

Las personas que producen agua residual doméstica en este establecimiento son los turistas, personal administrativo y trabajadores del lugar.

Teniendo en cuenta que la población actual promedio es de aproximadamente 1.190 personas y que por la gran afluencia de visitantes esta cantidad aumenta a aproximadamente a 2.000 personas, se estableció que el índice de crecimiento poblacional del centro turístico es proporcional al crecimiento poblacional que presenta el casco urbano municipal, el cual según (Secretaría de planeación, Gobernación de cundinamarca, 2010) es de 0.57% y que para efectos del presente cálculo la población actual es de 2.000 personas.

Por lo anterior se establece que este centro turístico clasifica como una población de nivel de complejidad medio por lo cual tiene una dotación mínima de agua potable de 90 L/Hab. / Día. Teniendo en cuenta lo establecido por el RAS, esta dotación se ve afectada por una tasa de retorno es del 80%, generando:

- Producción de agua residual per cápita:

$$90L \text{ Hab}/\text{dia} \times 80\% \text{ tasa de retorno} = 72 L \text{ Hab}/\text{día}$$

- Producción total de agua residual:

$$72 L \frac{Hab}{día} \times 2.000 Hab. = 144.000 L/día \rightarrow 144 m^3/día$$

5.4.1. Producción de agua residual proyectada a 10 años.

Este PSMV se proyectará a 10 años como se establece en el artículo 3 de la resolución 1433 de 2004, para lo cual es necesario contar con índices de crecimiento poblacional que indiquen la implementación de sistemas de tratamiento a corto, mediano y largo plazo.

$$Pp = 2.000 Hab \times (ICP\% + 1)^{10 \rightarrow \text{años de proyección}}$$

$$Pp = 2.000 Hab \times (0.57\% + 1)^{10} = 2.117 \text{ Habitantes}$$

Por lo anterior se deduce que dentro de 10 años este centro turístico contará con 2.117 habitantes, por lo cual según lo establecido por el RAS, la dotación mínima por habitante será de 90 L/ Hab. / Día.

Para efectos del presente cálculo se toma que la tasa de retorno será del 80%, por lo cual, la cantidad de agua residual será:

- Producción de agua residual per cápita:

$$90 L \frac{Hab}{día} \times 80\% \text{ tasa de retorno} = 72 L Hab/día$$

- Producción total de agua residual:

$$72 L \frac{Hab}{día} \times 2.117 Hab. = 152.424 L/día \rightarrow 152.4 m^3/día$$

5.4. Proyección de la carga contaminante.

La producción de carga contaminante es la relación que se establece entre la concentración de sustancias de interés ambiental y sanitario, y el caudal de agua residual.

A partir de los parámetros anteriormente mencionados la DBO₅ producida por habitante tiene un valor de 48g DBO/Habitante / día para determinar la carga contaminante teniendo en cuenta:

- Población actual: 2.000 habitantes (máximo).
- Población proyectada: 2.117 habitantes.
- Producción actual de agua residual: 144 m³ / día.
- Producción proyectada de agua residual: 152.4 m³ / día.
- Carga contaminante: 48 g DBO / Hab / Día.

Se debe afectar la población actual, por la producción per cápita de DBO (sustancias de importancia ambiental y sanitaria) Así:

$$2.000 \text{ hab} \times 48 \frac{\text{g DBO}}{\text{Hab}} \text{ Día} = 96.000 \text{ g DBO / día}$$

Que calculado en Mg es: 96.000 * 1000 = **96.000.000 Mg DBO/día**

Se tomó la producción de carga contaminante DBO/ Día. Proyectada, posteriormente se relacionó con la producción de agua residual proyectada:

$$\frac{96.000.000 \text{ Mg DBO día}}{152.424 \text{ L/día}} = \mathbf{629.8 \text{ mg DBO/L}}$$

5.5. Propuesta de sistema de tratamiento del agua residual.

Tomando como base el anterior diagnóstico y habiendo determinado la cantidad de agua residual y la carga contaminante que se produce en este centro turístico, se procedió a evaluar y proponer algunas alternativas de tratamiento previo a la descarga de las aguas residuales sobre la fuente receptora, identificando las ventajas y desventajas en relación con el centro turístico y las características propias del agua residual. Para ello se evaluaron algunas alternativas mediante la aplicación de las metodologías análisis de promedio ponderado y matriz computadora de papel.

5.5.1. Matriz computadora de papel. Con esta metodología se realizó una matriz (Tabla X) de doble entrada con las siguientes variables:

- Objetivo de calidad de la fuente receptora.
- Calidad de la fuente receptora.
- Aporte de contaminación doméstica.
- Aporte de contaminación industrial.
- Capacidad del sistema de tratamiento.

5.5.2. Análisis de promedio ponderado. Con este método se realizó (Tabla X), la cual analiza criterios de tipo técnico (localización, características del suelo, eficiencia y cobertura), ambiental (conservación de las propiedades ecosistémicas y capacidad de resiliencia de la fuente receptora), sanitario (salud pública y uso del recurso hídrico para consumo humano) y normativo (cumplimiento de parámetros establecidos por la normatividad vigente). Dichos criterios son:

- Costos de inversión.
- Costos de operación.
- Limitaciones ambientales.
- Consecuencias ambientales.
- Consumo de energía eléctrica.
- Residuos generados en el proceso.
- Área requerida para la implementación de la tecnología.

Tabla 11. Matriz de calificación de efectos

Variable	Objetivo de calidad de la fuente receptora.	Calidad de la fuente receptora.	Aporte de contaminación doméstica.	Aporte de contaminación industrial.	Capacidad del sistema de tratamiento.
Objetivo de calidad de la fuente receptora.		0	0	0	0
Calidad de la fuente receptora.	2		3	0	3
Aporte de contaminación doméstica.	3	3		0	3
Aporte de contaminación industrial.	0	0	0		0
Capacidad del sistema de tratamiento.	3	3	2	0	

Fuente: Córdoba y Numpaque, 2016.

Rango de calificación: Sin efecto (0), efecto mínimo (1), efecto regular (2), efecto fuerte (3)

Variabes	Objetivo de calidad de la fuente receptora.	Calidad de la fuente receptora.	Aporte de contaminación doméstica.	Aporte de contaminación industrial.	Capacidad del sistema de tratamiento.
TP	8	6	5	0	6
TA	0	8	9	0	8

Tabla 12. Evaluación de aspectos para la determinación de tecnología de tratamiento del agua residual.

Tipo de tratamiento	Tecnología	Costos de inversión	Costos de operación	Limitaciones ambientales	Consecuencias ambientales	Generación de residuos	Área	Consumo de energía eléctrica	Promedio ponderado
Tratamiento primario	Sedimentador	75	50	75	75	75	75	100	75
	Tanque séptico	75	75	75	75	75	75	100	78,5714286
	Coagulación química	75	25	75	50	25	75	75	57,1428571
Tratamiento secundario	Lagunas de estabilización	25	75	25	25	75	0	100	46,4285714
	UASB o RAFA	25	50	75	50	50	50	25	46,4285714
	Filtro percolador	50	75	75	75	50	75	75	67,8571429
	RAP	50	50	75	75	50	50	75	60,7142857

Fuente: Córdoba y Numpaque, 2016.

Como resultado de la aplicación de las anteriores metodologías de evaluación, se concluye que la alternativa de tratamiento más adecuada es:

- Tratamiento primario: Tanque séptico
- Tratamiento secundario: filtro percolador

5.6. Diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales.

5.6.1. Ubicación. El sistema de tratamiento de agua residual seleccionado para este centro turístico estará ubicado cerca al punto de vertimiento a la quebrada Termales, recibiendo las aguas del colector que transporta las aguas residuales provenientes de los restaurantes, los baños y la lavandería, ya que el presente PSMV está orientado al tratamiento de las aguas residuales domésticas.



Mapa 2. Ubicación del Sistema de Tratamiento de agua Residual. Imagen Satelital de Google Maps. Editado por Numpaque, 2016.

5.6.2. Aspectos de diseño. Las tecnologías de tratamiento seleccionadas para este centro turístico conforman un STAR integrado en el cual el filtro percolador se construye continuamente al tanque séptico, debido a que esto permite un ahorro de espacio y de costos de inversión en la construcción del STAR en general.

5.6.3. Aspectos constructivos. El material de construcción para el STAR planteado es el hormigón forzado (impermeabilizado en su interior), debido a que es un material económico y resistente. El tanque séptico debe tener una pendiente de 3 – 5% en el fondo,

con el fin de favorecer el flujo del agua (al interior de la tecnología y luego se ser tratada), permitiendo que el TRH sea mayor a 6 horas para lograr una decantación de sólidos y separación de material flotante.

La unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural (Organización Panamericana de la Salud, 2003) Establece otros aspectos a considerar para la construcción del STAR planteado, tales como:

- **Tiempo de retención hidráulica del volumen de sedimentación:** Será calculado mediante la siguiente fórmula:

$$Pr = 1.5 - 0.3 * \log (P \times q)$$

Dónde:

Pr = Tiempo promedio de retención hidráulica en días.

P = Población servida.

Q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales en litros/habitante-día.

En ningún caso, el tiempo de retención hidráulica de diseño deberá ser menor a seis horas.

- **Volumen de sedimentación:** Será calculado mediante la fórmula siguiente:

$$Vs = 10^{-3} \times (P \times q) * Pr$$

Dónde:

Vs = Volumen de sedimentación en m³.

- **Volumen de almacenamiento de lodos:** Será calculado mediante el empleo de la fórmula siguiente:

$$Vd = G * P * N \times 10^{-3}$$

Dónde:

Vd = Volumen de almacenamiento de lodos en m³

G = Volumen de lodos producido por persona y por año en litros

N = Intervalo de limpieza o retiro de lodos en años

- ***Volumen de lodos producidos:*** la cantidad de lodos producido por habitante y por año, depende de la temperatura ambiental y de la descarga de residuos de cocina. Los valores a considerar son:

Clima cálido = 40 Litros/habitante/año

Clima frío = 50 Litros/habitante/año

En caso de descargas de los lavaderos, lavaplatos u otros aparatos sanitarios instalados en restaurantes, cocinas de hoteles, hospitales y similares, donde exista el peligro de introducir cantidad suficiente de grasa que afecte el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas residuales, a los valores anteriores se le adicionará un valor de 20 litros/habitante-año.

- ***Volumen de natas:*** Como valor normal se considerará un volumen mínimo de 0,7 m³.
- ***Espacio de seguridad:*** La distancia entre la parte inferior del ramal de la tee de salida y la superficie inferior de la capa de natas no deberá ser menor a 0,10 m.
- ***Profundidad de sedimentación:*** Se optará por el valor resultante de la división entre el volumen de sedimentación (Vs) y el área superficial del tanque séptico (A). En ningún caso, la profundidad de sedimentación será menor a 0,30 m.
- ***Profundidad de nata y de almacenamiento de lodos:*** La determinación de las profundidades correspondientes al volumen de natas y volumen de lodos se efectuará dividiendo el volumen de natas y el volumen de almacenamiento de lodos entre el área superficial del tanque séptico.
- ***Profundidad neta del tanque séptico:*** La profundidad neta del tanque séptico se obtendrá a partir de la suma de las profundidades de natas, sedimentación, almacenamiento de lodos y del espacio de seguridad.

Las medidas a tener en cuenta para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de Agua Residual (STAR), son:

- Altura útil (que oscila entre los 1.08 m y los 4 m) = **3.00 m**
- Altura libre (que oscila entre los 0.3 y los 0.5) = **0.5 m**
- Altura total (H, que corresponde a la suma de altura útil y altura libre) = **3.50 m**
- Largo
- Ancho

5.6.3.1. Volumen. El volumen que tratará el STAR se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Vol.} = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{altura útil.}$$

Es decir:

$$\text{Vol.} = 6 \text{ m} * 3 \text{ m} * 3.50 \text{ m} \rightarrow \mathbf{63 \text{ m}^3}$$

5.6.3.2. Largo del primer compartimiento (L1).

$$(L1) = 2L / 3.$$

Es decir:

$$L1 = 2 (6 \text{ m}) / 3 \rightarrow \mathbf{4 \text{ m}}$$

5.6.3.3. Largo del segundo compartimiento (L2).

$$(L2) = L / 3$$

Es decir:

$$L2 = 6 \text{ m} / 3 \rightarrow \mathbf{2 \text{ m}}$$

5.6.3.4. Ancho del tanque (A).

$$(A) = L / 2$$

Es decir:

$$A = 6 \text{ m} / 2 \rightarrow \mathbf{3 \text{ m}}$$

5.6.3.5. Tiempo de Retención Hidráulica (TRH).

$$\text{TRH} = \text{Vol.} / \text{AR día}$$

Es decir:

$$(\text{TRH}) = 63 \text{ m}^3 / 152.4 \text{ m}^3 / \text{día} = 0.413 \text{ días} \rightarrow \mathbf{9.92 \text{ horas}}$$

Como ya se mencionó el STAR para este centro turístico será un sistema integrado, por lo cual el Filtro percolador será continuo al Tanque séptico, lo cual a su vez significa que tendrá las mismas dimensiones excepto por el largo (Lf), ya que este se determinó de la siguiente manera:

$$L_f = \text{Vol.} / L * A$$

Es decir:

$$L_f = 63 \text{ m}^3 / (6 \text{ m} * 3 \text{ m}) \rightarrow 3.5 \text{ m}$$

5.7. Programas y acciones estratégicas.

De acuerdo con la aplicación de las anteriores metodologías de evaluación se identificaron los siguientes ejes estratégicos:

- Aporte de contaminación doméstica.
- Calidad de la fuente receptora.
- Capacidad del sistema de tratamiento.

Estos ejes permitieron establecer los tres programas prioritarios con sus respectivas acciones estratégicas, las cuales contribuirán a una adecuada implementación del presente PSMV por parte de los administrativos del centro turístico. Estos programas son:

5.7.1. Programa de ahorro y uso eficiente del agua.

PROGRAMA 1: Ahorro y uso eficiente del agua	
Objetivo	
Reducir la cantidad de agua descargada al sistema de alcantarillado, a partir de la minimización de los consumos de agua en las diferentes actividades que se desarrollan al interior del centro turístico.	
Metas	Indicadores de cumplimiento

<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del consumo de agua por parte de los visitantes. - Reducción del consumo de agua por parte del personal, en labores propias de la prestación de los servicios turísticos y de mantenimiento. - Disminución en las pérdidas por deterioro en las redes de agua potable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Registro detallado de los niveles de consumo con base en los datos facturados mensualmente. - Informe periódico que permita establecer el estado de las redes de acueducto y posibles fallas en el sistema.
--	--

Tipo de medidas a ejecutar

Control	X	Prevención		Mitigación		Corrección	
---------	---	------------	--	------------	--	------------	--

Acciones estratégicas

- Implementación de sistemas ahorradores sanitarios (baños, lavamanos, duchas, entre otros)
- Creación de campañas educativas por parte de los administrativos, dirigidas a los visitantes.
- Estandarización de procesos propios en la prestación de los servicios turísticos, que contribuyan a establecer los consumos adecuados de agua para la ejecución de las diferentes actividades.

Cronograma

Actividad Año	Corto plazo		Mediano plazo			Largo plazo				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Implementación de sistemas ahorradores										
Creación de campañas educativas										
Estandarización de procesos										
implementación del programa										

Responsables

- Personal administrativo del centro turistico.
- Jefe del área ambiental o servicios generales del centro turistico.
- Visitantes (aplicación de las campañas educativas).

Recursos requeridos para el desarrollo del programa

- Recursos económicos para la implementación de sistemas ahorradores.
- Recursos humanos para el diseño, actualización, aplicación y seguimiento de las campañas educativas.

5.7.2. Programa construcción del sistema de tratamiento del agua residual.

PROGRAMA 1: Construcción del sistema de tratamiento del agua residual										
Objetivo										
Construir un sistema de tratamiento antes de verter las aguas residuales a la quebrada Termales, con el fin de disminuir la carga contaminante.										
Metas						Indicadores de cumplimiento				
<ul style="list-style-type: none"> - Lograr que los parámetros de calidad del agua residual se ajusten y cumplan con los requerimientos de la normatividad legal vigente. - Avanzar en la recuperación de la fuente hídrica receptora (quebrada termales) y a su vez contribuir a la recuperación del Río Blanco. 						<ul style="list-style-type: none"> - Conformidad por parte de la autoridad ambiental competente (auditorías, consultorías y otras). - Informes periódicos por parte de las autoridades municipales o ambientales que den a conocer el estado de la quebrada Termales o el Río Blanco. 				
Tipo de medidas a ejecutar										
Control			Prevenición			Mitigación		X	Corrección	
Acciones estratégicas										
<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales acorde a las características del centro turístico y las propiedades del agua residual. - Construir el sistema de tratamiento de agua residual que se haya diseñado, teniendo en cuenta la necesidad de optimizar las redes actuales de alcantarillado (separación del colector que recibe las aguas residuales domesticas del colector que recolecta las aguas lluvias y del balneario.) - Establecer un manual de operaciones de acuerdo a las tecnologías que compongan el sistema de tratamiento de agua residual. 										
Cronograma										
Actividad Año	Corto plazo		Mediano plazo			Largo plazo				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diseño del sistema de tratamiento										
Construcción del sistema de tratamiento										
Creación de manual de operaciones										
Implementación del programa										
Responsables										

<ul style="list-style-type: none"> -Personal administrativo del centro turistico. -Jefe del área ambiental o servicios generales del centro turistico. -autoridades municipales y ambientales competentes.
Recursos requeridos para el desarrollo del programa
<ul style="list-style-type: none"> - Recursos físicos y económicos para la construcción del sistema de tratamiento de agua residual. - Recursos tecnológicos para la implementación del sistema. - Recursos físicos y humanos para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y seguimiento de un adecuado sistema de tratamiento de agua residual.

5.7.3. Programa monitoreo continuo del sistema de tratamiento y redes de alcantarillado.

PROGRAMA 3: Monitoreo continuo del sistema de tratamiento y redes de alcantarillado							
Objetivo							
Consolidar y evaluar la información periódica de la calidad operativa del sistema de tratamiento y las redes de alcantarillado.							
Metas				Indicadores de cumplimiento			
<ul style="list-style-type: none"> - Lograr un funcionamiento adecuado del sistema de tratamiento de agua residual. - Llevar un control operativo del sistema de tratamiento de agua residual con el fin de mantener la eficiencia del sistema. 				<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia operativa y técnica del sistema en general. - Registro de documentación correspondiente a la operación y mantenimiento del sistema (preventivo y correctivo). 			
Tipo de medidas a ejecutar							
Control	X	Prevención	X	Mitigación		Corrección	
Acciones estratégicas							
<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar formatos para la documentación de los registros operativos y técnicos (planes de acción, planes de mejora, listas de chequeo, entre otros). - Delegar personal idóneo para el apoyo de control interno. 							
Cronograma							

Actividad Año	Corto plazo		Mediano plazo			Largo plazo				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diseño de formatos										
Personal de control interno										
Implementación del programa										
Responsables										
-Personal administrativo del centro turistico. -Personal de control interno.										
Recursos requeridos para el desarrollo del programa										
- Recursos físicos y tecnológicos para la documentación correspondiente al control y monitoreo. - Recursos humanos para llevar a cabo un adecuado monitoreo.										

5.8. Indicadores de seguimiento.

Según lo establecido por la Guía Metodológica para la formulación de los PSMV (Universidad Industrial de Santander., 2005) los indicadores son una serie de parámetros que permiten dimensionar el grado de logro de cumplimiento de los objetivos y deben ser verificables. Para efectos del presente PSMV se plantean los siguientes indicadores:

5.8.1. Reducción de la Carga Contaminante de origen doméstico al cuerpo de agua receptor:

$$C_{ci} = \frac{C_{cio} - C_{cif}}{C_{cio}} \times 100$$

Dónde:

C_{ci} : % de reducción de la carga contaminante vertida al cuerpo receptor del parámetro a evaluar (i).

C_{cio} : Carga contaminante anual, inicial o de año base del parámetro i.

C_{cif} : Carga contaminante anual, final o del año en evaluación del parámetro i.

5.8.2. Eficiencia del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales:

$$\epsilon_{star} = \frac{C_{cai} - C_{cei}}{C_{cai}} \times 100$$

Dónde:

ϵ_{star} : % de remoción de carga de la sustancia de interés (i).

C_{cai} : Carga contaminante del afluente para la sustancia i.

C_{cei} : Carga contaminante del efluente para la sustancia i.

5.8.3. Capacidad del sistema de Tratamiento de aguas Residuales:

$$C_{star} = \frac{(Q_{star}) \times 100}{Q_t}$$

Dónde:

C_{star} : % del caudal total que trata el STAR.

Q_{star} : Caudal que trata el STAR.

Q_t : Caudal total sanitario producido en el área de servicio del centro turístico, se calcula de acuerdo con la sección D.3.2. Del RAS 2000.

5.8.4. Carga Contaminante:

$$C_{ci} = Q_i \times C_i$$

Dónde:

C_{ci} : Carga contaminante de la sustancia i.

Q_i : Caudal medido en campañas de muestreo y medición de caudales, que se realizarán mínimo dos veces al año, en todo el caso deben hacerse en los periodos de invierno y verano.

C_i : Concentración medida de la sustancia de interés (i), en la muestra recolectada en las campañas de muestreo y medición.

5.9. Fuentes de financiación. Teniendo en cuenta que este centro turístico es visto en la actualidad como una de las principales fortalezas económicas del municipio de Choachí; en cuyo plan de desarrollo turístico de Choachí para la vigencia 2011 - 2022 (Choachí eco parque) la economía está orientada al desarrollo del sector turístico, es claro que la realización del presente proyecto tiene una influencia sobre el municipio ya que además de representar un beneficio ambiental, también contribuirá al crecimiento económico municipal desde el correcto funcionamiento del establecimiento. Por lo anterior se presume que una de las principales fuentes de financiamiento a las que se puede acudir es a los beneficios otorgados por el Fondo nacional de Regalías (según lo establecido por el decreto 2141 de 1999, en sus artículos 14° y 15°).

Sin embargo como establecimiento de orden privado es conveniente que los administrativos correspondientes desarrollen gestiones para la obtención de recursos económicos tales como solicitud de créditos internos o préstamos bancarios, la destinación de un porcentaje de las utilidades generadas por el funcionamiento mismo del centro turístico.

6. ANALISIS DE RESULTADOS

6.1. Resultados de la propuesta del sistema de tratamiento.

6.1.1. Matriz de computadora de papel. Se evaluaron cinco variables esenciales (objetivo de calidad de la fuente receptora, calidad de la fuente receptora, aporte de contaminación doméstica, aporte de contaminación industrial, capacidad del sistema de tratamiento).

La aplicación de esta metodología permitió identificar las tres variables que más se ven afectadas por el funcionamiento de este establecimiento. La primera es la calidad de la fuente receptora, debido a que las aguas residuales que se generan en el centro turístico están siendo descargadas directamente a la quebrada Termales sin realizarles un previo tratamiento que evite la contaminación del recurso hídrico, lo cual a su vez genera un deterioro del ecosistema que depende de las condiciones de este curso de agua. La segunda es el aporte de contaminación doméstica debido a las características de las actividades que se desarrollan al interior de este centro turístico, las cuales son generadoras de una alta carga contaminante principalmente de tipo orgánica y la tercera es la capacidad del sistema de tratamiento debido a que este representa una oportunidad de ajustar los parámetros de calidad del agua residual de acuerdo a las exigencias normativas, las cuales están orientadas a contribuir a la recuperación ambiental de la fuente receptora y del ecosistema.

6.1.2. Análisis de promedio ponderado. Se tomaron siete tecnologías de tratamiento preliminar, primario y secundario y se sometieron a evaluación teniendo en cuenta los criterios de (costos de inversión, costos de operación, limitaciones ambientales, consecuencias ambientales, consumo de energía eléctrica, residuos generados en el proceso, área requerida para la implementación de la tecnología).

La aplicación de esta metodología permitió identificar las tecnologías más apropiadas para el tratamiento de las aguas residuales generadas en este centro turístico. Además de ser tecnologías que se ajustan a las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, son tecnologías que se complementan generando un tratamiento eficiente con alto nivel de remoción de la carga contaminante que se descarga a la quebrada Termales.

Dicho tratamiento está compuesto por un tanque séptico que permite realizar un tratamiento de orden primario, en cual se logrará la remoción de contaminantes sedimentables, sólidos suspendidos y sólidos flotantes y un filtro percolador que permite realizar un tratamiento de orden secundario, en el cual se logrará una remoción de sólidos

orgánicos e inorgánicos sedimentables caracterizados por ser en mayor parte materia orgánica, reduciendo la concertación de DBO del efluente.

La matriz permite establecer que estas son alternativas que resultan propicias en cuanto a los costos de inversión, debido a que no requiere materiales de construcción que sean de difícil asequibilidad. Los costos de operación, debido a que su funcionamiento mecánico no requieren una operación compleja; lo cual a su vez permite que no sea necesario emplear mano de obra sobre calificada que devengue un mayor salario. Las consecuencias ambientales, debido a que no demandan una amplia extensión de terreno para su implementación y son tecnologías que evitan la generación de vectores que afecten la salud pública, la calidad paisajística del centro turístico y las condiciones ecosistémicas del lugar. El consumo de energía eléctrica, ya que estas tecnologías no requieren uso de energía por ser de funcionamiento mecánico. Los residuos generados en el proceso, debido a que son mínimos, de fácil disposición y libres de agentes patógenos.

7. CONCLUSIONES

El centro turístico posee una red de alcantarillado en buenas condiciones, sin embargo es necesario implementar sistemas de tratamiento de residuos líquidos mediante los cuales se reduzcan los niveles de contaminación que afectan gravemente a la fuente receptora.

- Se concluye que la primera medida que se debe tomar a partir del diagnóstico es terminar de separar los colectores sanitarios y de aguas lluvias debido a que existen colectores independientes que al final se unen.
- El sistema de tratamiento se plantea con base en una proyección a diez años, en los cuales, se espera contar con una población de 2.117 habitantes.
- Se plantean sistemas de tratamiento anaerobios, debido a que la composición de agua residual, es casi por completo orgánica, o cual demanda biodegradación.

8. RECOMENDACIONES

Un aspecto muy importante que se debe considerar es que la información oficial en materia de saneamiento básico y aguas residuales es casi nula , Además los datos de la entidad poco se refieren a las aguas vertidas, causando un grado de dificultad en la formulación de proyectos que relacionen a la comunidad aledaña con el centro turístico.

- Se recomienda comenzar a implementar programas de educación ambiental, ya que si se quiere reducir la producción de agua residual y la carga contaminante de la misma, es necesario reducir el volumen de agua potable consumida.
- Luego de la construcción del STAR, se recomienda comenzar su uso paulatinamente, de manera tal que la biomasa, se adhiera naturalmente al filtro
- Se invita a plantear un proyecto de manejo integral de material semisólido inestable (lodos) y biocombustibles (gases desprendidos por el tanque), residuales de las tecnologías, puesto que pueden generar afecciones a la salud y el ambiente

9. GLOSARIO

- PP: población proyectada
- Pa: población actual
- ICP: índice de crecimiento poblacional
- T.R.H: tiempo de Retención Hidráulica
- STAR: Sistema de Tratamiento de aguas Residuales

10. BIBLIOGRAFÍA

- Antioquia, E. d. (11 de 01 de 2016). *fluidos.eia.edu.co*. Obtenido de *fluidos.eia.edu.co*:
<http://fluidos.eia.edu.co/>
- Callao, U. N. (2016). *Análisis Químico, Un enfoque Ecológico*. Callao: Oficina de Registros y Archivos Académicos .
- Centro Regional de Ayuda Técnica – Administración de Cooperación Internacional (ICA): “Manual para el diseño, operación y mantenimiento de Tanques Sépticos” – U. S. Department of health, education, and welfare, México 1960
- Choachí, A. m. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Choachí, Cundinamarca: Alcaldía municipal de Choachí.
- Choachi, C. M. (2000). *Esquema de ordenamiento territorial municipal Choachi*. Choachi.
- CIDTA, c. d. (2006). *filtros percoladores*. Salamanca: Universidad de Salamanca, España.
- Ing. L. Quispe Castañeda (Dirección de Salud y bienestar social Sub Región Piura/ Ministerio de Salud – Perú) Dr. M. Azzariti (Dirección General para la cooperación al desarrollo - Italia), “Depuración de las aguas servidas disposición y eliminación de excretas en zonas rurales y urbano marginales”, Perú, 1993.
- Jean Rodier, B. L. (2009). *Analisis del agua*. Omega.
- Jiménez, G. R. (2016). *Scribd*. Recuperado el 2016 de 01 de 05, de <http://es.scribd.com/doc/147294050/METODOS-PARA-CALCULAR-LA-POBLACION-FUTURA#scribd>
- Min. de desarrollo económico. (17 de 11 de 2000). Resolución 1096 de 2000, RAS. República de Colombia.
- Ministerio de Desarrollo económico. (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, título e*. Bogotá.
- Ministerio de Medio Ambiente . (2004). Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2002). Guía Aguas Residuales Municipales . Bogotá: Fitolito América LTDA.
- Rodríguez. (05 de enero de 2015). *Diagnostico ambiental del turismo de naturaleza en choachí, cundinamarca*. Choachí.

- Rodriguez. (2015). Diagnostico ambiental del turismo de naturaleza en el municipio de Choachí, Cundinamarca. Bogotá.
- Secretaría de planeación, Gobernacion de cundinamarca . (2010). *gobernación de Cundinamarca*. Recuperado el 20 de 11 de 2015, de http://www.cundinamarca.gov.co/wps/wcm/connect/9cb2f92d-f186-4688-b0e3-320e53bc7c1b/Anuario_poblacion.pdf?MOD=AJPERES
- Universidad Industrial de Santander . (2005). Guía Metodológica para la formulación de los PSMV. Bogotá: Universidad Industrial de Santander .
- Universidad Industrial de Santander. (2005). Guia Metodologica para la formulacion de los PSMV. Bogotá: Universidad Industrial de Santander.
- Uribe, E. (2002). *Documentos complementarios tematicos del modulo academico tratamiento integral de residuos liquidos*. Bogotá.
- Water for the World, “Designing Subsurface Absortion Systems”, technical Note N° SAN 2.D.1, Washington, D.C. A.I.D. 1982.
- Water for the World, “Designing Septic Tanks”, technical Note N° SAN 2.D.1, Washington, D.C. A.I.D. 1982.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de la hoja de cadena de custodia

Cadena de Custodia de las Muestras										
 Antek s.a. NIT: 830.058.286-0					Calle 43 No 83-54 - Barrio Santa Cecilia - Medellin Teléfonos 263 54 19 - 410 34 53 - 263 87 19 E-mail: antek_sa@yahoo.com - antek_sa@hotmail.com www.anteksa.com					
					INFORMACION DEL CLIENTE COMPAÑIA: PERSONA CONTACTO: DIRECCION: TELEFONO: FAX: E-mail:					UBICACIÓN DEPARTAMENTO: MUNICIPIO: UBICACIÓN GEOGRAFICA:
INFORMACION DE LA MUESTRA										
No ANTEK	No MUESTRA	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA TOMA DE MUESTRA	HORA	MATRIZ DE LA MUESTRA	TIPO DE ENVASE	CANTIDAD	PRESERVANTE	ANALISIS SOLICITADO No DE ORDEN	
OBSERVACIONES:										
							PUNTUAL	<input type="checkbox"/>	COMPUESTO	<input type="checkbox"/>
							INTEGRAL	<input type="checkbox"/>		
ESTADO DE LA MUESTRA										
ENVASE		BUENO <input type="checkbox"/>		MALO <input type="checkbox"/>		MUESTREADO POR:				
SELLO DE SEGURIDAD:		SI <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		ENTREGADO POR: (FIRMA)				
CANTIDAD DE NEVERAS:		SI <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		RECIBIDO POR: (FIRMA)				
REFRIGERADO:		SI <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		FECHA / HORA				
						FECHA/HORA				

Cadena de Custodia de las Muestras



Calle 43 No 83-54 - Barrio Santa Cecilia - Modelia
 Teléfonos 263 54 19 - 410 34 53 - 263 87 19
 E-mail: antek_sa@yahoo.com - antek_sa@hotmail.com
 www.anteksa.com

INFORMACION DEL CLIENTE

COMPANIA:
 PERSONA CONTACTO:
 DIRECCION:
 TELEFONO:
 FAX:
 E-mail:

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO:
 MUNICIPIO:
 UBICACIÓN GEOGRAFICA:

INFORMACION DE LA MUESTRA

No ANTEK	No MUESTRA	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA	HORA	MATRIZ DE LA MUESTRA	TIPO DE ENVASE	CANTIDAD	PRESERVANTE	ANALISIS SOLICITADO
			TOMA DE MUESTRA						No DE ORDEN

OBSERVACIONES:

PUNTUAL COMPUESTO: INTEGRAL:

ESTADO DE LA MUESTRA

ENVASE BUENO MALO
 SELLO DE SEGURIDAD: SI NO
 CANTIDAD DE NEVERAS:
 REFRIGERADO: SI NO

MUESTREADO POR:

1. _____
 2. _____

ENTREGADO POR: (FIRMA)

1. _____
 2. _____

RECIBIDO POR: (FIRMA)

1. _____
 2. _____

FECHA / HORA

FECHA / HORA